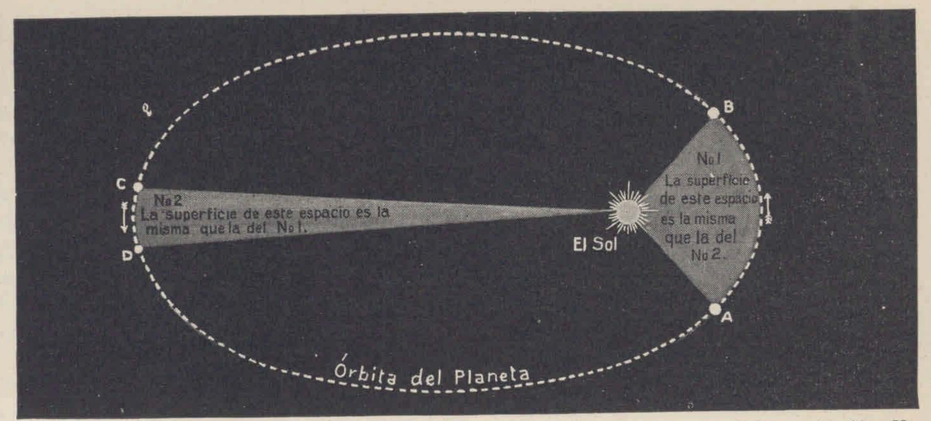


Este dibujo nos explica la ley de Képler, que sirvió de base para el descubrimiento de la gravitación. Un planeta recorre en el mismo tiempo los límites de superficies iguales, de manera que se trasladará de A a B en el mismo tiempo que de C a D.

POR QUÉ SE MUEVEN LAS COSAS

LAS tres leyes de Newton se llaman sencillamente leyes del movimiento. Las tres leyes de Képler son conocidas con el nombre de leyes del movimiento planetario, porque no se refieren al movimiento en general, sino al movimiento de los planetas en particular. Tras ardua labor, sostenida durante muchos años, Képler llegó a demostrar que los planetas conocidos entonces se mueven con arreglo a ciertas leyes, y que sus velocidades dependen de la distancia a que se hallan del sol. Los cálculos y pormenores de estas leyes, son bastante complicados y por ahora no pueden ser objeto de nuestro estudio. No hay entre ellas clara conexión; son simplemente tres hechos observados por Képler, tocantes al movimiento de los planetas, y que apuntó a continuación uno de otro. Pero cuando Newton, con su inteligencia todavía más poderosa, consideró tales hechos, vió que en ellos se ocultaba la ley de gravitación a la cual obedecen todos.

A la gravitación se deben, sin duda, la mayor parte de los movimientos que se observan en el mundo; es la ley del equilibrio universal. Sería, en verdad, maravilloso que la gravitación mantuviera el equilibrio entre todos los cuerpos que componen el universo, si éstos se hallasen en estado de reposo; pero es el caso que se mueven, manteniéndose, no obstante, entre ellos el equilibrio. Valiéndonos de esa ley de gravedad podemos explicar los movimientos de todos los cuerpos por medio de un solo principio fundamental, que lo mismo es aplicable al movimiento de una manzana que cae del árbol, como al de la luna en torno de la tierra, o al de ésta y los demás planetas alrededor del sol. Sin embargo—decía un gran filósofo—nunca llegaremos a saber si la gravitación deja sentir sus efectos en las estrellas. . . . Pero ahora hemos comprobado que también se manifiesta allí. Podemos averiguar la masa y la distancia de estrellas que nunca hemos visto, por medio del movimiento que, a causa de la gravitación, se produce en ciertas estrellas visibles.

Así, pues, la distancia no destruye la efectividad de esa ley grandiosa, en virtud de la cual toda porción de materia en el universo, atrae a otra porción cualquiera con una fuerza que depende, de un modo perfectamente definido, de la cantidad de materia sometida a la atracción y de la distancia. Si fuese necesario demostrar que el universo es realmente uno, esa ley sola sería suficiente para ellos.

Ahora bien, es de suma importancia el saber si hay alguna cosa capaz de

alterar o cambiar los efectos de esa ley. Ya hemos visto que la distancia no la destruye; pero, si volviendo a la tierra estudiamos ios efectos de la gravitación en un laboratorio ¿podremos acaso observar alguna alteración?

Muchos sabios en tiempos recientes han dedicado toda su vida al examen de este asunto.

¿Qué ocurrirá por ejemplo, si colocamos alguna cosa entre dos cuerpos, a manera de pantalla? ¿Quedará interceptada la gravitación como ocurre a la luz, o es aquélla una fuerza para la cual no hay obstáculos? El resultado obtenido después de pacientes y minuciosos estudios, permite contestar que la gravitación que obra entre dos cuerpos es siempre la misma, sin que en nada resulten alterados el peso ni el movimiento consigiente, sea cual fuere el obstáculo existente entre ellos.

NO HAY MANERA DE INTERCEPTAR LA GRAN FUERZA DE LA GRAVITACIÓN

La fuerza de gravitación obra lo mismo a través del agua, del aire o del éter del espacio que a través de las más recias peñas de granito o de otra substancia cualquiera; su intensidad no sufre cambio alguno por efecto del medio que atraviesa. Ahora bien; ya que los obstáculos y la distancia no influyen en la gravitación ¿influirá acaso el calor? Vamos a verlo. Si tomamos un objeto cualquiera de cierto peso (que representa el valor de la atracción que la tierra ejerce sobre él) y hacemos bajar el calor de tal cuerpo a un grado cincuenta veces más frío que el del hielo, metiéndolo en aire líquido, y calentamos después ese mismo cuerpo hasta la temperatura del rojo blanco, y lo pesamos en esas dos situaciones extremas de temperatura y comparamos, por último, los resultados de las dos pesadas, no encontraremos diferencia entre ellas. Luego la influencia del calor en la gravitación es nula.

Por otra parte, podemos afirmar por lo menos lo siguiente: Si levantamos este libro a quince centímetros de la mesa, por ejemplo, aumentaremos la distancia que lo separa del centro de la tierra. El libro será más ligero, porque la acción de la fuerza de gravedad disminuye con la distancia, si bien no deja de obrar, por grande que sea esta distancia; pero claro está, la diferencia de peso debida a variación tan pequeña en la altura será sumamente leve. Pues bien; de experimentos hechos recientemente se desprende que, si el calor produjese en la gravedad un efecto comparable a la diferencia de peso producida en el libro al levantarlo quince centímetros, hubiéramos podido observarlo perfectamente. Preciso es convenir en que, si los mayores cambios de temperatura no producen en la gravitación efectos más importantes que esos, podemos repetir que la influencia del calor es nula.

LOS ÁTOMOS DE LA MATERIA PESAN LO MISMO CUANDO ESTÁN COMBINADOS QUE CUANDO ESTÁN LIBRES

No conseguimos anular la gravedad por medio de la distancia; no podemos interceptarla mediante obstáculo alguno, y no logramos que la modifiquen los cambios de temperatura. ¿Qué ocurrirá, no obstante, si tomamos ciertas cantidades de elementos distintos como el hidrógeno y el oxígeno y los combinamos para formar agua? Es decir, ¿qué efecto producen en la gravedad las composiciones y descomposiciones químicas? ¿Será el mismo el peso de los átomos de dos cuerpos diferentes, estando separados los de un cuerpo de los del otro, que si se hallan unidos estrechamente, como lo están en el agua los del oxígeno y del hidrógeno? A esta pregunta se contesta diciendo, que las combinaciones y descomposiciones químicas tampoco influyen en la gravedad.

De mil maneras se ha intentado alterar la fuerza de gravitación, pero todas han fracasado. No conocemos nada capaz de hacerla desviar, ni el grueso de un cabello, de su camino. Como lo ha dicho Sir John Thompson, parece que no haya manera de «coger» la fuerza de gravitación. Si pudiésemos apoderarnos de ella, nos sería

posible realizarlo todo; pero, de los medios intentados, ninguno nos ha permitido modificarla. Sin embargo la mayoría de las personas no se dan cuenta de lo que eso significa.

UN HOMBRE MUY CONOCIDO QUE INTENTÓ DESAFIAR LA LEY DE GRAVITACIÓN

Con motivo de una famosa discusión ocurrida en el pasado siglo, un hombre muy conocido anunció que iba a desafiar la ley de la gravitación aguantando en la mano una manzana e impidiendo que cayese al suelo; pero lo que hizo fué sencillamente contrarrestar una fuerza oponiéndole otra, pues mientras obrase la ley de gravedad, había de estar gastando constantemente energía para aguantar la manzana. Lo mismo puede decirse de los aeroplanos; la fuerza de gravitación obra continuamente, y el aviador, como el pájaro, ha de contrarrestar esta fuerza por medio de otra que le sea opuesta. El pájaro la saca de los jugos que se consumen en sus músculos; el aeroplano la saca del petróleo que arde en su motor.

COSAS EXTRAÑAS QUE OCURRIRÍAN SI PUDIÉSEMOS DOMINAR LA FUERZA DE GRAVITACIÓN

Supongamos, por un momento, que fuese posible suprimir la gravitación, o interceptarla mediante una pantalla. Las condiciones en que se desarrolla la vida cambiarían por completo. Ya no existiría el problema de la aviación; el pájaro y el aeroplano no necesitarían gastar combustible, salvo la corta cantidad indispensable para vencer la resistencia del aire. No habría fuerza alguna que les tirase hacia abajo, y al soltar una manzana ésta no se caería hasta que le diéramos un empujón en dirección al suelo. Podrían llenarse muchas páginas con la descripción del sin número de asombrosos resultados que daría la supresión o el dominio de la gravedad. Es posible que algún día llegue a realizarse tamaña maravilla.

Mas por ahora, no sólo no la dominamos, sino que ni siquiera nos hacemos cargo de ella. Podemos medirla con rigurosa exactitud, pero ignoramos en qué forma obra. Se han expuesto acerca de este asunto por lo menos veinticuatro teorías—y cualquiera de ellas puede ser la verdadera, según ha dicho Sir Joseph Thompson; pero por lo mismo que no podemos influir en la gravitación en manera alguna, no nos es imposible comprobar ninguna de ellas.

Con todo, es probable, que, mediante el estudio de los problemas de la electricidad, podamos aumentar pronto nuestros conocimientos relativos a la gravitación.

UN NIÑO QUE CONTRIBUYÓ AL PROGRESO DEL GÉNERO HUMANO OBSERVANDO EL BALANCEO DE UNA LÁMPARA EN UNA IGLESIA

Actualmente, o sea 250 años después del descubrimiento de la gravitación, tan sólo podemos decir que, si bien hemos demostrado la exactitud de la ley formulada por Newtón y su independencia de cuantas circunstancias puedan imaginarse, de la causa de la gravitación no sabemos más de lo que sabía aquel físico, y adviértase que no sabía nada.

Era natural que empezáramos por las leyes del movimiento formuladas por Newton, para mencionar luego las de Képler, o sea las leyes del movimiento planetario, ya que éstas sirvieron de fundamento a la gran ley de la gravitación. Pero no debemos olvidarnos de rendir debido homenaje al verdadero iniciador de todas estas investigaciones. Tal fué el ilustre Galileo, a quien consideramos sobre todo como astrónomo, y que figura, en efecto, entre los más grandes que ha habido.

Sin embargo, la mayor parte de sus descubrimientos astronómicos son debidos a aquella ingeniosidad que le permitió inventar el telescopio, y gracias a ese mismo ingenio, ideó muchos experimentos de tanta importancia que con razón ha podido decirse que «la ciencia del movimiento empezó con Galileo».

Del techo de la catedral de Pisa pende en la actualidad, como pendía en

tiempo de Galileo, una espléndida lámpara de bronce, y si nos fijamos en ella, veremos que se balancea. Diez y nueve años tenía Galileo cuando un día, contemplado aquella lámpara, se le ocurrió colocar un dedo de la mano sobre el pulso de la otra, y valiéndose de este reloj natural, averiguó que el balanceo u oscilación de la lámpara, se efectuaba siempre en el mismo tiempo, cualquiera que fuese la amplitud de las oscilaciones. Este descubrimiento fué de los más importantes en la ciencia del movimiento, y Galileo le dió una aplicación práctica, cincuenta años después, construyendo un reloj, cuyo movimiento dependía del continuo balanceo de un péndulo.

POR QUÉ OSCILA EL PÉNDULO Y QUÉ LEY LO GOBIERNA

Merece que nos fijemos en uno o dos puntos relativos al balanceo de un péndulo. En primer lugar tenemos el gran descubrimiento de Galileo relativo a la constancia de las oscilaciones para un péndulo de longitud determinada; y en segundo lugar, debemos averiguar de dónde proviene el movimiento. Cuando el péndulo permanece inmóvil su extremo libre se halla lo más cerca posible del centro de la tierra; por lo tanto la gravitación queda contrarrestada y no tiene por qué manifestarse. Pero si lo desviamos de esta posición, sea empujándolo hacia un lado, o bien levantándolo para luego soltarlo, empezará a oscilar.

¿Por qué? Cualquiera puede estudiar ese asunto teniendo en la mano un cordel a cuyo extremo esté atado un peso. Desde luego nos haremos cargo de que, cuando el peso se halla en un punto extremo de la oscilación, la fuerza de gravedad le obliga a caer; y al caer obedecerá a las leyes que rigen la caída de los cuerpos—de las cuales trataremos luego—moviéndose a cada instante más de prisa, hasta que llega al punto más bajo, pero sin detenerse en él, como hubiéramos podido suponer. Y no se detiene, porque al caer ha adquirido cierta cantidad de energía o movimiento que le permite continuar su carrera más allá de dicho punto y levantarse por el otro lado venciendo la atracción de la tierra, repitiéndose la operación en sentido contrario, pero cada vez más despacio, porque al vencer esa fuerza de atracción va gastando la energía o potencia que había adquirido, y acaba por pararse.

La potencia que contiene el péndulo es la que se le comunica al levantarlo o empujarlo hacia un lado, puesto que no la tenía cuando se hallaba en reposo, y de la nada no podía recibirla. El más leve impulso basta para que empiece el balanceo; y siendo así se nos ocurre preguntar qué es de esa insignificante cantidad de energía adquirida por el péndulo al tocarlo. Ahora bien; sabemos que nada se pierde, y puesto que el péndulo acaba por pararse, es preciso que demos cuenta de la fuerza que ha iniciado el balanceo, por pequeño que haya sido éste. Esta fuerza se gasta como la de una pelota lanzada por el aire o que rueda por el suelo; la consumen el rozamiento en el punto de suspensión del péndulo y la resistencia del aire. Por lo tanto, si fuera posible construir un péndulo que estuviese suspendido de manera que no hubiese rozamiento y que pudiera oscilar en el vacío, en vez de hacerlo en un medio resistente como es el aire, oscilaría sin detenerse jamás. No habría motivo para que se gastase la potencia adquirida, y por consiguiente la conservaría indefinidamente.

EL MARAVILLOSO MECANISMO DE NUESTRO CUERPO, QUE NUNCA SE PARA MIENTRAS VIVIMOS

No vayamos, sin embargo, a figurarnos que eso es lo que debe entenderse por movimiento continuo. En cuanto intentásemos que el péndulo efectuara algún trabajo, como el de dar vueltas a una rueda u oponer cierta resistencia al aire, o lo que fuese, su potencia se iría consumiendo y llegaría a pararse.

« Movimiento continuo » es una frase que empleamos siempre refiriéndonos a determinada idea; pero pocas hay como ella que expresen de modo tan defectuoso lo que quieren significar.

Por qué se mueven las cosas

Un niño sano es un ejemplo de movimiento continuo; y tanto de jóvenes como de viejos, dormidos como despiertos, siempre se mueven algunas partes de nuestro cuerpo. No sólo es posible el movimiento continuo sino que a medida que aumentan nuestros conocimientos, nos convencemos más de que todo se mueve, y aun de que incluso lo que llamamos materia es sencillamente una especie de movimiento.

Es casi cuestión de preguntarse si, a excepción del movimiento, hay algo que estudiar en el mundo; mientras, por otra parte, suele decirse que el movimiento continuo es cosa imposible. Conviene que nos hagamos cargo de lo que debe entenderse realmente al emplear esa frase. Lo imposible es sacar algo de la nada, y esto es lo que tratan de hacer todas las llamadas máquinas de movimiento continuo. Durante centenares de años, ha habido quienes se han esforzado por construir máquinas que funcionaran constantemente, sin que se les diese cuerda o sin que hubiese necesidad de gastar combustible.

UNA MÁQUINA QUE NUNCA PODRÁ CONSTRUIR EL HOMBRE

Hace más de cien años, la Academia de Ciencias de París resolvió que en lo sucesivo no haría caso de las memorias o descripciones que se le enviasen tocante a máquinas de movimiento continuo. A primera vista, parece esto una equivocación, pues la ciencia ha de estar siempre dispuesta a acoger todas las ideas nuevas; pero, en realidad, fué una medida muy acertada, porque sabemos ahora que jamás llegará nadie a construir una máquina de movimiento continuo. El hombre que lo hiciera sería un Creador.

La potencia o energía proviene siempre de alguna parte; cuando se efectúa un trabajo, es preciso que alguien o algo lo ejecute.

Este principio es aplicable a los átomos del radio, lo mismo que a todo lo demás. Y no sólo eso, sino que se aplica también rigurosamente a nuestro propio cuerpo, así como al de todos los seres vivientes. Estos organismos son mil veces más maravillosos que cuantas máquinas han sido construídas. Hay partes del cuerpo que trabajan continuamente por espacio quizás de cien años; son máquinas que se reparan por sí solas y sin detenerse; pero no puede decirse que sean máquinas de movimiento continuo en el sentido que atribuimos a esta frase.

Cada vez que palpita el corazón o que levantamos un párpado o un brazo, se ejecuta un trabajo y cierta cantidad de materia se traslada a tal o cual distancia con una u otra velocidad; de manera que, si conocemos las cifras correspondientes, puede calcularse con toda exactitud la cantidad de carbono, probablemente sacado del azúcar, que se ha consumido en el cuerpo para efectuar el trabajo mencionado.

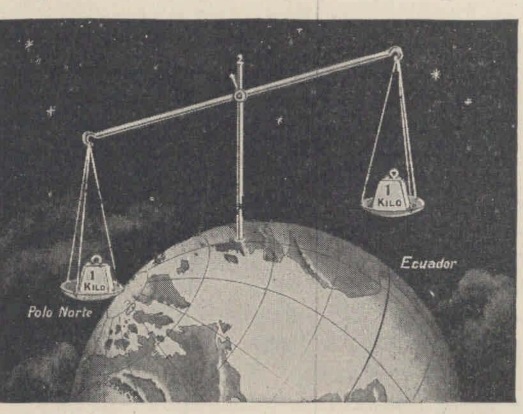
POR QUÉ NOS HEMOS DE NUTRIR DE ALGO QUE NOS DÉ ENERGÍA PARA PODER GASTAR DICHA FUERZA

Si fuésemos máquinas de movimiento continuo, podríamos vivir sin comer. Y al hecho de que no lo somos, sino que, como todas las demás máquinas, hemos de hacer provisión de potencia para poder gastarla, se debe el que tengamos que comer y tengan que hacerlo también los otros seres vivientes. Durante mucho tiempo se creyó que los seres vivos constituían una excepción de esa ley universal, que viene a ser la de la conservación de la energía. Pero ahora sabemos que no es así y que todos los seres, por maravillosa que sea su organización y por mucho que se diferencien de las cosas que los rodean, forman parte del todo universal y están sujetos a las mismas leyes. En cada generación aparecen hombres que no quieren convencerse de ello y que se esfuerzan por sacar algo de la nada, sea valiéndose de alguna criatura viva o sea mediante una máquina; pero siempre han fracasado y seguirán fracasando.

Podemos tratar ahora de otro descubrimiento de Galileo, y veremos cómo su significación corresponde a lo que

ya hemos averiguado acerca del trabajo. Tirando bolas de distintos pesos desde lo alto de la torre inclinada de Pisa, Galileo pudo demostrar que todas llegaban al suelo en el mismo tiempo. Fundándose en las afirmaciones del gran filósofo griego Aristóteles, se había creído por espacio de unos dos mil años, que una bola, cuyo peso fuera de cuatro kilos, habría llegado al suelo cuando una que sólo pesara dos, se hallase a medio camino. Era tal la facilidad con que la gente solía aceptar teorías sin comprobación alguna, que hasta el tiempo de Galileo a nadie se le ocurrió averiguar si era cierto lo afirmado por Aristóteles.

Pero es preciso fijarnos bien en ello. ¿Una bola grande, que ejerce sobre la tierra una fuerza de atracción, al propio tiempo que es atraída por ella, no tendrá más potencia que una pequeña? ¿Acaso no preferiríamos que nos diera en la cabeza un guijarro pequeño que uno grande? ¿No parece natural que a una fuerza más grande le corresponda una velocidad mayor? A esto puede contestarse que, si bien la fuerza ejercida es mayor, también es mayor el trabajo que ha de efectuarse, por serlo la cantidad de materia movida. Cuanto mayor sea la masa de la piedra, mayor será la potencia en proporción al tamaño; pero la cantidad de trabajo necesario aumenta en la misma proporción, de modo que todos los cuerpos sometidos a la gravedad caerán con la misma velocidad; y, durante cada segundo que transcurre mientras cae un cuerpo, el aumento de su velocidad será siempre el mismo, sea cual fuere el cuerpo de que se trate.



El peso de los objetos es mayor cuanto más próximos se hallan al centro de la tierra. Si fuera posible montar unas balanzas gigantescas en Francia o en Inglaterra y colocar en cada platillo un kilogramo, situándola de manera que uno de esos platillos colgara sobre el Ecuador y el otro sobre el Polo Norte, éste ultimo bajaría, por hallarse 43 kilómetros más cerca del centro de la tierra que el otro.

Sin embargo, podría decirse que eso no es cierto, pues todos sabemos que una piedra no tarda tanto en caer como una pluma. Pero si suponemos que se suprime el aire, la pluma caerá tan de prisa como la piedra, cosa que podemos comprobar con un tubo largo del cual se ha extraído el aire, o por lo menos la cantidad necesaria para efectuar el experimento, y dejando caer dentro del tubo, al mismo tiempo, desde un extremo, una bala de plomo, por ejemplo, y una pluma. Entonces observaremos que las dos llegan al fondo juntas. Este fué otro de los grandes descubrimientos realizados por Galileo. Aristóteles sostenía que hay dos cosas o principios: el peso y la ligereza; el peso o gravedad hace caer los cuerpos y la ligereza o levedad los hace subir. Los que, como una bala, encierran el principio de gravedad, tienden a caer y los que, como el aire caliente, contienen el principio de levedad, tienden a elevarse. Galileo demostró que no es así. Todo cuanto encierra el universo tiene gravedad, precisamente porque la ley de gravitación se aplica a toda la materia en donde quiera que se halle. No existe tal principio de ligereza o liviandad. Si se eleva el aire caliente o se levanta un globo, y si flota en el agua un tapón de corcho, no es porque estas cosas no tengan peso, sino porque tienen menos que las substancias que los rodean y que estas substancias caen, digámoslo así, por debajo de aquéllas y las empujan hacia arriba.

Pero lo más maravilloso que hizo Galileo fué llegar a darse cuenta, sin que le ayudasen con sus trabajos los

que le habían precedido, de lo que luego demostraron Newton y los grandes sabios del siglo XIX.

Comprendió que en donde quiera que haya movimiento hay fuerza, potencia o energía. Esta idea de la relación entre la fuerza y el movimiento era una novedad en tiempo de Galileo, y en ella se funda toda la ciencia de los movimientos, ciencia llamada dinámica, que es el nombre griego de la fuerza.

LA ENERGÍA QUE NO PUEDE SER CREADA NI DESTRUÍDA

Ahora decimos que donde quiera que haya movimiento, hay energía; y que esta energía jamás se crea ni se pierde, sino que se transforma continuamente. Estos grandes conceptos se deben realmente a Galileo, quien formuló de un modo aproximado todas las leyes del movimiento. Lo raro del caso es que tanto Galileo como Newton debían conocer el principio de conservación de la energía, y sin embargo, ni el uno ni el otro lo formularon en términos precisos, dejando que lo hicieran unos sabios alemanes en el transcurso del siglo XIX.

La energía siempre es energía, sea cual fuere el lugar y la forma en que se manifieste; pero de estas formas hay dos de las cuales conviene hacernos cargo. Cuando un objeto se mueve, decimos que posee energía de movimiento o «fuerza viva»; el nombre científico de dicha clase de energía, derivado de la palabra griega que significa movimiento, es energía *cinética.*

LAS DOS CLASES DE ENERGÍA QUE SE OBSERVAN EN UN PÉNDULO

El asunto no ofrece dificultad alguna. Cuando desciende la masa pendular, va acumulando fuerza viva o energía cinética. Ahora bien; la otra clase de energía no se manifiesta de momento, pero existe *potencialmente,* es decir, en estado de *poder obrar* y por eso se llama energía «potencial». En todo el mundo puede observarse constantemente la transformación de la energía potencial en energía cinética y viceversa. El péndulo constituye un ejemplo inmejorable de esta transformación. Cuando empujamos la masa pendular, su movimiento ascendente responde a la energía cinética; al cesar este movimiento, la energía no se ha perdido, sino que está almacenada en forma de energía potencial. El péndulo no se mueve, pero posee la energía necesaria para hacerlo.

Luego, cuando lo soltamos, la energía potencial se transforma en energía cinética, como lo demuestra su movimiento.

Esta energía cinética le permite elevarse después de haber llegado al punto más bajo; y a medida que se eleva, apartándose de este punto, se mueve con más lentitud. Su fuerza viva, o energía cinética, va transformándose, aunque sin perderse, hasta que, al llegar al otro punto más elevado de su carrera, toda su fuerza viva se ha convertido en energía potencial; y de este modo se repite la serie de transformaciones en cada oscilación.

Y aun nos enseña otras cosas ese movimiento. ¿De dónde proviene la energía cinética que adquiere el péndulo cuando lo empujamos? Ya sabemos que el cuerpo vivo no lo ha creado; nuestros músculos sacan esa fuerza viva de la energía potencial contenida en las substancias que se introducen en el organismo por medio de la alimentación. A esta clase de energía potencial que existe en substancias químicas combustibles, se le da algunas veces el nombre de energía química; pero es una especie de energía potencial y puede convertirse en fuerza viva, lo mismo que un péndulo, cuando se halla en el punto más elevado de su carrera.

¿Pero de dónde procede esa energía potencial de tales substancias? ¿Acaso la creó la planta en que se formaron? Sabemos que esto no puede ser. La planta ha sacado esa energía potencial de la fuerza viva o energía cinética de la luz del sol que la bañaba. Y ahora vamos averiguando que la mayor parte de la energía cinética de la luz solar proviene probablemente de la energía potencial acumulada en los átomos del sol.